Électromagnétisme – contrôle continu 2

Lundi 9 novembre 2015

Pas de documents - calculatrices *collège* autorisées et même recommandées - durée 2h

Le candidat veillera à écrire lisiblement, soigner la rédaction de sa copie, préciser les unités des grandeurs et indiquer les vecteurs par une flèche surmontant leur symbole. On utilisera les valeurs numériques $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ SI pour la constante de Coulomb et $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$ pour le quantum de charge électrique.

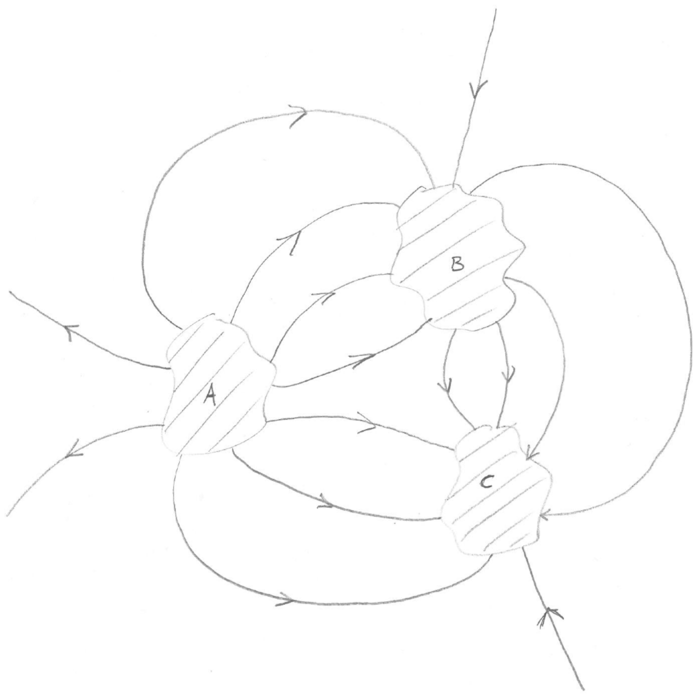
A - Accélérateur

Une particule alpha est constituée de deux protons et de deux neutrons. Sa masse est de $m_\alpha = 6{,}6 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$.

1. Donner la charge q_α en coulombs d'une particule alpha.
2. Calculer la variation d'énergie cinétique $\Delta\mathcal{E}_p$ d'une particule alpha qui passe du repos à une vitesse de $v = 100\,\mathrm{m/s}$.
3. Quelle différence de potentiel U permet une telle variation d'énergie cinétique ?
4. Calculer la norme E du champ électrique, supposé uniforme, qui doit régner dans un accélérateur linéaire de longueur $\ell = 10\,\mathrm{m}$ pour ainsi accélérer des particules alpha.

B - Conducteurs en influence

Les trois conducteurs à l'équilibre électrostatique A, B et C sont en influence, comme le montre le réseau de lignes de champ électriques qui relie leurs surfaces.



1. Classer les potentiels V_A, V_B et V_C de ces trois conducteurs par ordre décroissant.
2. Quelle relation mathématique relie le champ électrostatique et le potentiel scalaire ?

C - Sphère métallique

Une sphère métallique de rayon $R = 10\,cm$ est portée au potentiel $V = 100\,\mathrm{V}$ par rapport à l'infini. On rappelle que ce potentiel est relié à la charge nette de la sphère par :

$$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

Calculer à l'équilibre électrostatique :

1. sa densité volumique de charge ρ (préciser son unité) et
2. sa densité surfacique de charge σ (préciser son unité).

D - Théorème de Gauss

Dans la formule

$$\Phi(\vec{\mathbf{E}}) = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

précisez la signification de $\Phi(\vec{\mathbf{E}})$ et Q_{int}.

E - Condensateur à fuite

On considère un condensateur constitué d'une première sphère métallique pleine de rayon a et de centre O et d'une seconde sphère métallique creuse de rayon intérieur $b > a$, de rayon extérieur $c > b$ et de centre O. Les deux conducteurs sont séparés par un isolant homogène de permittivité $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$ et de conductivité γ. Le condensateur, globalement neutre, est entouré d'air de permittivité ε_0. Le système étant à symétrie sphérique, le flux électrique à travers une sphère de Gauss de centre O et de rayon r vaut $4\pi r^2 E_n$ où E_n est la composante radiale du champ électrique sur la sphère de Gauss. On suppose tout d'abord l'équilibre électrostatique.

1. Donner les charges Q_b sur la surface intérieure du conducteur extérieur et Q_c sur la surface extérieure du conducteur extérieur en fonction de Q_a la charge du conducteur intérieur.
2. Donner l'expression de la composante E_n du champ électrique dans l'isolant : $a < r < b$.
3. En déduire l'expression de la ddp U entre la surface du conducteur intérieur et la surface intérieure du conducteur extérieur.
4. Calculer la capacité C du condensateur.
5. On prend en compte à partir de maintenant la conductivité γ de l'isolant. En déduire l'expression de j_n la composante radiale de la densité volumique de courant (préciser son unité).
6. Quelle intensité I traverse l'isolant ?
7. Calculer la résistance R de l'isolant.
8. Que vaut le produit RC ?

F - Flux et circulation

Calculer pour le champ électrique $\vec{\mathbf{E}} = (-66{,}2\,\vec{\mathbf{u}}_x - 44{,}7\,\vec{\mathbf{u}}_y + 60{,}2\,\vec{\mathbf{u}}_z)\,\mathrm{V/m}$:

1. la composante normale E_n à travers une surface d'aire $S = 0{,}2\,\mathrm{m}^2$ et de normale $\vec{\mathbf{u}}_n = \sin\theta\,(\cos\phi\,\vec{\mathbf{u}}_x + \sin\phi\,\vec{\mathbf{u}}_y) + \cos\theta\,\vec{\mathbf{u}}_z$ repérée par les angles sphériques $\theta = 137°$ et $\phi = 14°$,
2. la composante tangentielle E_t le long du chemin rectiligne depuis $A = (0{,}0; 0{,}3; -0{,}5)\,\mathrm{m}$ vers $B = (0{,}5; 0{,}3; 0{,}0)\,\mathrm{m}$,
3. le flux Φ à travers une surface d'aire S et de normale $\vec{\mathbf{u}}_n$,
4. la circulation $\mathcal{C} = \int_A^B E_t\,d\ell$ le long du chemin rectiligne depuis A vers B.